

УДК 612+615

ОСОБЕННОСТИ ГИДРО- И ИОНОУРЕТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИЙ ПОЧЕК КРЫС ПРИ ОКИСЛИТЕЛЬНОМ СТРЕССЕ

С.Н. Луканина¹, А.В. Сахаров¹, А.Е. Просенко¹, К.В. Жучаев²

¹Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск

²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск

В работе оценивали гомеостатические показатели плазмы крови и функции почек крыс при окислительном стрессе, индуцированном длительным приемом глюкокортикоидов. Исследование функций почек осуществляли путем сравнительного анализа фоновых проб мочи, полученных от животных за 6-8 часов наблюдения и после 5% водной нагрузки. В пробах мочи и плазмы крови определяли осмолярность, концентрацию ионов натрия и калия, концентрацию креатинина и мочевины. Установлено, что при глюкокортикоид-индуцированном окислительном стрессе происходит нарушение гидро- и ионоуретической функций почек, которое проявляется в снижении скорости клубочковой фильтрации, относительной реабсорбции жидкости, уменьшении экскреции мочевины и ионов натрия и калия, а также в отсутствии выраженной реакции на 5% водную нагрузку. Показано, что нарушение функциональной активности почек крыс при длительном использовании глюкокортикоидов приводит к гиперкалиемии, повышению концентрации креатинина и мочевины в плазме крови.

Ключевые слова: окислительный стресс, глюкокортикоиды, функции почек.

Введение. Анализ публикаций, посвященных свободнорадикальной патологии, позволяет считать, что нарушение редокс-гомеостаза и развитие окислительного стресса лежат в основе патогенеза многих заболеваний (Капелько, 2003; Меньшикова и др., 2008; Кормош, 2012; Луцкий и др., 2014; Губский, 2015). Роль свободнорадикальных механизмов в изменении функционального состояния органов различных функциональных систем при перманентном поступлении глюкокортикоидов остается недостаточно изученной (Порядина, 2009). В силу мощной терапевтической активности и разносторонности действия на организм, синтетические глюкокортикоиды активно используются в медицине при лечении различных заболеваний – ревматических, инфекционных и др. (Мурзин, 2015; Кароли, Ребров, 2016). Высокая эффективность этих

препаратов позволяет использовать их в наиболее тяжелых клинических ситуациях, нередко они включаются в комплекс экстренных мер помощи при неотложных состояниях. Использование стероидных препаратов сопровождается развитием многочисленных осложнений, риск появления которых, как правило, повышается с увеличением доз и длительности их применения (Новожилова, 2015; Морозова и др., 2016; Парамонов, 2016). Считается, что в развитии осложнений при лечении глюкокортикостероидами сочетаются специфические реакции прямого подавления стероидами функциональной активности клеток и неспецифические реакции повышения процессов липопероксидации (Меньшикова и др., 2008; Губский, 2015).

Патологические проявления свободнорадикального окисления органических молекул в внутриклеточном и внеклеточном компартментах могут стать причиной нарушения динамического баланса активных компонентов внутренней среды организма, опосредующих через свободнорадикальный механизм сублетальное и летальное повреждение клеток. Почки являются ключевым органом, стабилизирующим системный ионный гомеостаз в организме. Благодаря этому осуществляется поддержание объема крови и внеклеточной жидкости, регуляция осмотически активных веществ и водно-солевого состава жидкостных сред.

В доступной литературе нами обнаружены весьма противоречивые описания патогмонической клинической картины повреждения структурных элементов нефрона активными метаболитами кислорода. В этой связи расширение представлений о влиянии свободных радикалов на функции почек при окислительном стрессе представляется актуальным.

Целью настоящей работы являлась оценка влияния окислительного стресса, индуцированного длительным приемом глюкокортикостероидов на функции почек крыс.

Методика. Исследование проводили на самцах крыс линии Вистар массой 250-300 г. Манипуляции с животными осуществлялись в соответствии с международными принципами Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным. Все крысы были распределены в 4 группы – интактная и три группы сравнения, по 6 особей в каждой. Животных интактной группы содержали в стандартных условиях вивария без ограничения доступа к воде и корму. Крысам всех групп сравнения ежедневно в течение 14 суток вводили водную суспензию синтетического глюкокортикостероида «Преднизолон» («Никомед Австрия ГмбХ», Австрия) в дозе 50 мг/кг с помощью внутрижелудочного зонда, инициируя у них развитие ОС (Валеева и др., 2002.). Для чистоты эксперимента и стандартизации

манипуляций, связанных с введением в организм веществ, крысам первой группы сравнения (ГКОС) через три часа после преднизолонa вводили 0,2 мл водопроводной воды. Животные второй группы сравнения (ГКОС+Т) по аналогичной схеме получали 0,2 мл эмульсии полифункционального серосодержащего антиоксиданта нового поколения «Тиофан» (тио-фан-бис-[(3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил)пропил]сульфид, НИИ химии антиоксидантов НГПУ, Россия) в дозе 100 мг/кг массы тела. В связи с тем, что «Тиофан» – жирорастворимый антиоксидант, крысам третьей группы сравнения (ГКОС+М), после приема преднизолонa внутрижелудочно вводили только растворитель антиоксиданта «Тиофан» - растительное масло (0,2 мл).

На 15 сутки эксперимента проводили исследование функций почек путем анализа фоновых проб мочи, собранной в метаболических клетках за 6-8 часов наблюдения, и оценки почечной реакции у животных всех групп на 5% водную нагрузку, введенную внутрижелудочно с помощью зонда. Пробы мочи собирали в течение 3 часов, после чего у крыс всех групп под эфирным наркозом из нижней полой вены брали пробы крови объемом 5 мл для последующего анализа физико-химических показателей плазмы.

Таблица 1

Расчет парциальных функций почек

Показатель	Обозначение	Формула расчета	Единица измерения
Диурез	V	$D \cdot 100 / t \cdot M$	мл/100г*час
Скорость клубочковой фильтрации	GFR	$U_{cr} \cdot V / P_{cr}$	мл/100г*час
Относительная реабсорбция жидкости	R_{H_2O}	$GFR - V / GFR \cdot 100$	%
Экскреция ионов натрия	$U_{Na} \cdot V$	$U_{Na} \cdot V$	ммоль/100г*час
Экскреция ионов калия	$U_K \cdot V$	$U_K \cdot V$	ммоль/100г*час
Экскретируемая фракция натрия	EF_{Na}	$(U_{Na} \cdot V / GFR \cdot P_{Na})$	%
Экскретируемая фракция калия	EF_K	$(U_K \cdot V / GFR \cdot P_K)$	%
Показатель	Обозначение	Формула расчета	Единица измерения
Очищение осмотически активных веществ	C_{osm}	$U_{osm} \cdot V / P_{osm}$	-

Примечание. D – количество мочи (мл), t – время, в течение которого собирали порцию мочи (час), M – масса тела (г), U_{cr} и P_{cr} – концентрация креатинина в моче и плазме (мг%); U_{Na} и P_{Na} – концентрация натрия в моче и плазме (ммоль/л); U_K и P_K – концентрация калия в моче и плазме (ммоль/л); U_{osm} и P_{osm} – концентрация осмотически активных веществ в моче и плазме (мосмоль/л).

В пробах мочи и плазмы крови определяли концентрацию ионов натрия и калия методом атомно-эмиссионного анализа с индуктивно связанной плазмой (спектрометр Optima 2100 DV (Perkin Elmer, США), шифр методики КХА: МУК 4.1.1482-03). Концентрацию креатинина в исследуемых жидкостях оценивали по интенсивности цветной реакции Яффе (спектрофотометр Spekol 10 (Zeiss, Германия), $\lambda = 490$ нм), а концентрацию мочевины исследовали по цветной реакции с использованием парадиметиламинобензальдегида (спектрофотометр Spekol 10 (Zeiss, Германия), $\lambda = 343$ нм). Определение осмолярности в образцах мочи и плазмы крови проводили методом криоскопии (миллиосмометр «МТ-2» (НПП «Буревестник», Россия). Парциальные функции почек (табл. 1) рассчитывали по общепринятым формулам (Лакин, 1980; Наточин, 1997).

Статистический анализ результатов исследования проводили на основе определения медианы и квартилей (Me (Q25;Q75). Различия показателей между группами оценивали методом вариационной статистики по непараметрическому U-критерию Манна-Уитни для независимых выборок и считали статистически значимыми при уровне $p \leq 0,05$. Расчеты производили по общепринятым формулам с использованием стандартных программ пакета Statistica 7.0 for Windows.

Результаты и обсуждение. В результате анализа проб плазмы крови животных, длительно получавших глюкокортикоиды, установлено, что в их крови происходит повышение концентрации креатинина и мочевины, выраженная тенденция к гиперкалиемии и гипонатриемии (табл. 2). Обнаруженные гомеостатические сдвиги указывают на развитие у крыс первой группы сравнения почечной недостаточности. Подобные изменения зарегистрированы в крови животных третьей группы сравнения.

У крыс на фоне приема глюкокортикоидов и получавших на протяжении всего эксперимента полифункциональный серосодержащий антиоксидант нового поколения «Тиофан», происходило статистически значимое снижение концентрации креатинина, мочевины и ионов калия относительно аналогичных показателей животных первой группы сравнения (табл. 2).

Таким образом, при сочетанном использовании глюкокортикоидов и антиоксиданта «Тиофан» отмечается коррекция негативных изменений ионо-осмотических показателей плазмы крови и их приближение к значениям интактных крыс. Полученные результаты согласуются с данными ранее проведенных нами исследований, в ходе которых было показано, что на фоне длительного приема глюкокортикоидов в плазме крови у крыс регистрируется

повышение уровня активных метаболитов кислорода и снижение активности ключевых ферментов антиоксидантной защиты (каталазы и супероксиддисмутаза). Используемый в работе подход позволяет считать, что сочетанное использование «Преднизолон» и синтетического серосодержащего полифункционального антиоксиданта «Тиофан» оптимизируют процессы свободнорадикального перекисного окисления липидов в плазме крови и приближают показатели липопероксидации у крыс к значениям интактных животных (Луканина и др., 2013).

Таблица 2

Показатели плазмы крови у крыс исследуемых групп
(Медиана (Q25;Q75))

Группы животных	P _{Na} , ммоль/л	P _K , ммоль/л	P _{osm} , мосмоль/л	P _{cr} , мг%	P _{ur} , мг%
Интактные	147,00 (146,00; 148,75)	3,95 (3,68; 4,23)	263,50 (252,63; 281,50)	2,10 (1,95; 2,18)	40,00 (32,25; 41,00)
1 группа сравнения (ГКОС)	134,00* (132,50; 138,50)	4,70* (4,45; 5,10)	294,50* (293,00; 298,25)	8,28* (6,50; 10,54)	272,00* (260,50; 290,25)
2 группа сравнения (ГКОС+Т)	141,00 (136,73; 144,75)	4,05** (3,90; 4,50)	282,00 (279,25; 295,25)	3,30** (2,38; 3,85)	83,50** (79,00; 91,75)
3 группа сравнения (ГКОС+М)	136,00 (126,50; 145,50)	4,75 (4,45; 4,90)	302,00 (251,00; 324,50)	8,28 (7,50; 8,89)	299,00 (243,00; 317,50)

Примечание. Здесь и в последующих таблицах * - отличия показателей животных интактной и 1 группы сравнения; ** - отличия показателей животных 1 и 2 групп сравнения; # - отличия показателей животных 1 и 3 групп сравнения; p≤0,05.

На следующем этапе работы оценивали функциональное состояние почек крыс при глюкокортикоид-индуцированном окислительном стрессе. В ходе анализа фоновых проб мочи было обнаружено, что у животных 1 группы сравнения, длительно принимавших «Преднизолон», имеются признаки полиурии. Это выражается в статистически значимом увеличении диуреза и снижении экскреции осмотически активных веществ (табл. 3). Подобные изменения зарегистрированы и у крыс 3 группы сравнения. С нашей точки зрения, данный эффект обусловлен снижением скорости клубочковой фильтрации и уменьшением относительной реабсорбции жидкости в канальцах нефронов.

Использование антиоксиданта «Тиофан» проявило выраженный нефропротекторный эффект, что заключалось в коррекции гидроуретической функции почек. Так, у крыс 2 группы сравнения,

отмечалось повышение СКФ и %R_{H2O} относительно аналогичных показателей животных 1 группы сравнения.

Известно, что наиболее информативной характеристикой функциональных возможностей почек является их способность экскретировать водные и солевые нагрузки (Айзман, Великанова, 1980). Поэтому на следующем этапе работы была проведена оценка ответной реакции почек у крыс на 5%-ную водную нагрузку, вызывающую максимальную гидроуретическую реакцию.

Т а б л и ц а 3

Гидроуретическая функция почек крыс исследуемых групп в покое и после водной нагрузки (Медиана (Q25;Q75))

Группы животных		V, мл/100г*ч	GFR, мл/100г*ч	% R _{H2O}	Cosm, мл/100г*ч
Интakтные	Фон	0,17 (0,11; 0,21)	23,51 (15,74; 28,21)	99,28 (99,14; 99,34)	0,78 (0,66; 1,38)
	Ср. за 3 часа	1,51 (1,19; 1,80)	21,52 (17,75; 25,42)	93,15 (92,35; 93,42)	0,66 (0,51; 0,83)
1 группа сравнения (ГКОС)	Фон	0,37* (0,28; 0,50)	8,22* (4,57; 9,80)	94,03* (92,91; 94,72)	0,64 (0,54; 0,71)
	Ср. за 3 часа	0,97* (0,85; 1,10)	6,27* (4,94; 7,54)	82,13* (78,72; 85,56)	0,50 (0,44; 0,61)
2 группа сравнения (ГКОС+Т)	Фон	0,19** (0,14; 0,23)	11,79 (10,40; 13,75)	98,51** (98,02; 98,95)	0,48** (0,44; 0,50)
	Ср. за 3 часа	1,13 (0,93; 1,41)	11,09** (8,27; 13,10)	89,21** (85,49; 92,23)	0,61 (0,50; 0,70)
3 группа сравнения (ГКОС+М)	Фон	0,33 (0,32; 0,36)	6,37 (5,34; 7,72)	95,34 (93,88; 96,08)	0,63 (0,58; 0,66)
	Ср. за 3 часа	0,96 (0,81; 1,23)	5,49 (4,72; 6,98)	82,69 (81,85; 83,68)	0,56 (0,40; 0,67)

При анализе проб мочи, собранной за 3 часа наблюдения, различий в почечной реакции на водную нагрузку между показателями крыс 1 и 3 групп сравнения не отмечено. Так, животные этих групп экскретировали за указанный период приблизительно равный объем мочи, составивший 57-58% от объема введенной воды. Данное значение было соответственно на 31,14 и 30,36% ниже, чем у интактных крыс. Интегральным показателем, объясняющим полученные результаты, является скорость мочеотделения, которая в обеих группах оказалась достоверно ниже значений интактных животных (табл. 3).

Использование антиоксиданта «Тиофан» на фоне приема глюкокортикоидов способствовало улучшению функционального состояния почек, выражавшемуся в более яркой реакции на нагрузочную пробу. Так, крысы 2 группы сравнения экскретировали 64,55% от объема нагрузки, а уровень диуреза в течение 3 часов

наблюдения имел устойчивую тенденцию к повышению по сравнению с данными животных, получавших только глюкокортикоиды (табл. 3).

Таблица 4

Ионоуретическая функция почек крыс в покое и после водной нагрузки
(Медиана (Q25;Q75))

Группы животных		$U_{Na} \cdot V$, мкмоль/100г*ч	$U_K \cdot V$, мкмоль/100г*ч	EF _{Na} , %	EF _K , %
Интактные	Фон	24,33 (19,91; 27,41)	33,16 (19,46; 40,93)	0,67 (0,57; 0,94)	32,14 (27,53; 33,09)
	Ср. за 3 часа	22,12 (19,57; 26,01)	16,66 (15,37; 18,83)	0,66 (0,61; 0,77)	20,67 (17,83; 22,84)
1 группа сравнения (ГКОС)	Фон	10,84* (10,25; 15,57)	28,50 (21,99; 33,81)	1,09 (0,44; 1,19)	70,01* (63,74; 108,29)
	Ср. за 3 часа	6,99* (6,03; 7,72)	18,60 (16,82; 20,35)	0,85 (0,72; 1,00)	70,09* (50,61; 90,65)
2 группа сравнения (ГКОС+Т)	Фон	10,46 (6,88; 14,30)	23,42 (18,63; 27,48)	0,67 (0,38; 0,90)	20,71** (14,67; 45,16)
	Ср. за 3 часа	12,33** (10,91; 14,70)	11,10** (9,05; 13,12)	0,56** (0,39; 0,84)	15,39** (11,60; 23,94)
3 группа сравнения (ГКОС+М)	Фон	10,52 (7,77; 11,61)	21,09 (20,65; 21,81)	1,03 (0,68; 1,27)	76,46 (63,40; 99,04)
	Ср. за 3 часа	9,60# (7,88; 10,95)	13,17 (11,01; 17,43)	1,22# (1,15; 1,41)	53,98# (39,08; 67,88)

При изучении ионоуретической функции почек у крыс первой группы сравнения отмечалось достоверное уменьшение фоновой экскреции с мочой натрия по сравнению с животными интактной группы. Аналогичная тенденция отмечалась и относительно экскреции калия. С нашей точки зрения, это изменение могло быть обусловлено как снижением фильтрационной загрузки нефронов, так и нарушением концентрационно-реабсорбционных процессов в канальцах. Необходимо отметить, что у животных первой группы сравнения достоверно увеличивалась EF_K, что вероятно может являться результатом усиления секреции катиона при гиперкалиемии (табл. 4). Подобная тенденция отмечалась и у крыс третьей группы сравнения.

Сравнительный анализ образцов мочи крыс всех групп на содержание креатинина и мочевины позволяет считать, что уровень экскреции креатинина между группами не имеет существенных различий. Данный показатель у интактных крыс составил 47,34 (31,42; 55,52); у крыс первой группы сравнения – 56,21 (46,25; 65,56); второй группы сравнения – 44,20 (33,15; 48,04); третьей группы сравнения – 49,73 (39,07; 72,91) мг/100г*час.

Как показывают результаты исследования, выведение мочевины почками у крыс, получавших только преднизолон, достоверно уменьшалось по сравнению как с интактными животными, так и с животными, принимавшими антиоксидант «Тиофан» (интактные – 833,15 (583,22; 1019,24); первая группа сравнения – 517,25 (338,27; 525,69); вторая группа сравнения – 756,18 (605,61; 817,07); третья группа сравнения – 550,57 (447,26; 703,36) мг/100г*час).

Обнаруженные нарушения гидро- и ионоуретической функций почек, а также и изменение ионо-осмотических показателей плазмы крови у животных, длительно получавших глюкокортикоиды, могут объясняться повреждением клеток и межклеточного вещества паренхимы почек преимущественно активными метаболитами кислорода при окислительном стрессе. Значительная роль свободнорадикальных процессов в развитии нефропатии подтверждается коррекцией гомеостатических показателей плазмы крови и функционального состояния почек при использовании антиоксидантного соединения.

Заключение. Полученные результаты работы дают основание заключить, что при глюкокортикоид-индуцированном окислительном стрессе происходит нарушение гидро- и ионоуретической функций почек, выражающееся в снижении скорости клубочковой фильтрации, относительной реабсорбции жидкости, уменьшении экскреции мочевины, ионов натрия и калия, а также отсутствии выраженной реакции на 5% водную нагрузку.

Вследствие снижения функциональных возможностей почек при длительном использовании глюкокортикоидов у крыс регистрируются гиперкалиемия, гиперкреатинемия и гиперуринемия, которые отражают развитие почечной недостаточности.

Список литературы

- Айзман Р.И., Великанова Л.К. 1980. Оценка водно- солевого обмена и функции почек с помощью нагрузочных проб / Новые методы научных исследований в клинической и экспериментальной медицине. Новосибирск. С. 5-13.
- Валеева И.Х., Зиганшина Л.Е., Бурнашова З.А., Зиганин А.У. 2002. Влияние димефосфона и ксидифона на показатели перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы крыс, длительно получавших преднизолон // Эксперимент. и клинич. фармакология. Т. 65. № 2. С. 40-43.
- Губский Ю.И. 2015. Смерть клетки: свободные радикалы, некроз, апоптоз: монография. Винница: Нова Книга. 360 с.
- Капелько В.И. 2003. Активные формы кислорода, антиоксиданты и профилактика заболеваний сердца // Российский медицинский журнал. №11. С. 1185-1189.

- Кароли Н.А., Ребров А.П.* 2016. Применение глюкокортикоидов при обострении хронической обструктивной болезни легких // *Consilium medicum*. № 3. С. 59-64.
- Кормош Н.Г.* 2012. Физиологическая роль активных форм кислорода на клеточном уровне и организма в целом – взгляд клинициста // *Российский биотерапевтический журнал* Т. 11. №1. С. 85-92.
- Лакин Г.Ф.* 1980. Биометрия. М.: Высшая школа. 293 с.
- Луканина С.Н., Сахаров А.В., Просенко А.Е., Ефремов А.В.* 2013. Оценка специфической активности антиоксидантов «Теофан» и « α -токоферол» при моделировании окислительного стресса // *Медицина и образование в Сибири*. № 6.
- Луцкий М.А., Кукова Т.В., Смелянец М.А., Лушникова Ю.П.* 2014. Свободнорадикальное окисление липидов и белков – универсальный процесс жизнедеятельности организма // *Успехи современного естествознания*. № 12. Ч. 1. С. 24-28.
- Меньшикова Е.Б., Зенков Н.К., Ланкин В.З.* 2008. Окислительный стресс: Патологические состояния и заболевания. Новосибирск: АР-ТА. 284 с.
- Морозова О.Ю., Багаева Т.Р., Филаретова Л.П.* 2016. Механизмы проульцерогенного действия гидрокортизона, введенного в фармакологической дозе, на слизистую оболочку желудка // *Российский физиологический журнал*. № 3. С. 330-339.
- Мурзин Р.В.* 2015. ГКС в лор-практике // *Новая аптека*. № 10. С. 64-67.
- Наточин Ю.В.* 1997. Почка // *Справочник врача*. СПб.: СПбУ. 154 с.
- Новожилова О.Л.* 2015. Стероидная розацеа как следствие применения ингаляционных глюкокортикостероидных средств // *Клиническая дерматология и венерология*. № 6. С. 66-68.
- Парамонов Б.* 2016. Осложнение после избыточного введения пролонгированных глюкокортикоидов // *Kosmetik International*. № 2. С. 72-74.
- Порядина Г.В.* 2009. Стресс и патология. Методическое пособие. М.: РГМУ. 23 с.

HYDRO- AND ION-EXCRETORY RENAL FUNCTION IN RATS UNDER THE OXIDATIVE STRESS

S.N. Lukanina¹, A.V. Sakharov¹, A.E. Prosenko¹, K.V. Zhuchayev²

¹Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk

²Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk

We evaluated the homeostatic indicators of blood plasma as well as kidney function in rats under the oxidative stress, which was induced by the prolonged administration of glucocorticoids. The study of kidney function was performed by the comparative analysis of background urine sample, obtained from the animals on the course of 6-8 hours of observations and after 5% of water administration. We then checked the urine and blood plasma for the osmolarity, the sodium concentration and potassium ions, the

concentration of urea and creatinine. Glucocorticoid-induced oxidative stress disrupts the hydro- and iono -uretic functions of the kidneys. Disruption is manifested in a decrease in the glomerular filtration rate, relative reabsorption of the fluid, a decrease in the excretion of urea and sodium and potassium ions, and in the absence of a pronounced reaction to a 5% of water administration. Disturbance of the functional activity of the kidneys in rats with prolonged use of glucocorticoids leads to hyperkalemia, as well as to an increase of the concentration of creatinina and urea in the blood plasma.

Keywords: oxidative stress, glucocorticoids, renal function.

Об авторах:

ЛУКАНИНА Светлана Николаевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», 630126, Новосибирск, ул. Виллюйская, 28, e-mail: lukanina@ngs.ru

САХАРОВ Андрей Валентинович – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии и методики обучения биологии, руководитель научно-образовательного центра «Экспериментальная и прикладная биология», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», 630126, Новосибирск, ул. Виллюйская, 28, e-mail: asakharov142@rambler.ru

ПРОСЕНКО Александр Евгеньевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химии, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», 630126, Новосибирск, ул. Виллюйская, 28, e-mail: chemistry@ngs.ru

ЖУЧАЕВ Константин Васильевич – доктор биологических наук, профессор, декан биолого-технологического факультета, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», 630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, e-mail: zhuchaev@ngs.ru

Луканина С.Н. Особенности гидро- и ионоуретической функций почек крыс при окислительном стрессе / С.Н. Луканина, А.В. Сахаров, А.Е. Просенко, К.В. Жучаев // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2017. № 1. С. 18-27.